

MINING AND REMEDIATION AT THE STRAZ POD RALSKEM URANIUM DEPOSIT

TĚŽBA A SANACE NA URANOVÉM LOŽISKU STRÁŽ POD RALSKEM

Vladimír EKERT¹, Jiří MUŽÁK²

¹Mgr., DIAMO state enterprise, division TÚU
471 27 Stráž pod Ralskem, Czech Republic, tel. (+420) 487 894 258
e-mail: ekert@diamo.cz

²Ing., Ph.D., DIAMO state enterprise, division TÚU
471 27 Stráž pod Ralskem, Czech Republic, tel. (+420) 487 894 324
e-mail: muzak@diamo.cz

Abstract

The presented paper brings brief information about the history of chemical uranium mining in the area of Straz pod Ralskem. It further presents the extent of environmental contamination caused by the operations of in-situ uranium leaching during 32 years. There is more than 370 million m³ of affected ground water, in which almost 5 million contaminating substances are dissolved. In conclusion, descriptions of used and forward-looking surface technologies of contamination removal involving time and financial assessments of the entire remediation process are given. It is envisaged that the remediation will take nearly 25 years and the total costs of its implementation are estimated in the amount of CZK 40 billion.

Abstrakt

Přednáška stručně informuje o historii chemické těžby uranu v oblasti Stráže pod Ralskem. Dále je prezentován současný rozsah kontaminace horninového prostředí zapříčiněné provozováním chemického vyluhování uranu in-situ po dobu 32 let. V podzemí je ovlivněno více než 370 milionů m³ vod, ve kterých je rozpuštěno téměř 5 milionů tun kontaminujících látek. Závěrem jsou charakterizovány používané i do budoucna plánované povrchové technologie pro likvidaci kontaminace s časovým i finančním ohodnocením celého sanačního procesu. Předpokládá se, že sanace bude trvat téměř 25 let a celkové náklady na její realizaci jsou odhadnuty na úrovni 40 miliard Kč.

Key words: uranium mining, ground water, contamination, remediation, Czech Republic

1 HISTORY OF URANIUM MINING

The history of uranium exploitation in the Czech Republic (and in the former Czechoslovakia) dates back 60 years. Over the initial period, from 1946 until the early 1950s, the exploitation was mainly carried out in the reopened mines of the Jachymov mining area. Rapid development of surveying and extracting works was reflected in the large growth of exploitation in other areas of Bohemia and Moravia. This concerned the regions Příbram, Hamr-Straz pod Ralskem and Dolní Rozinka, i.e. southern and western Bohemia. More than 100 000 tons of uranium have been extracted from over 800 trial and production shafts since 1946.

Owing to the diversity of the deposits, the uranium exploitation was carried out with the whole spectrum of mining methods available, which were selected as appropriate for the host rock in the given locality. In general terms, there are two basic methods of uranium extraction applied in the Czech Republic:

- conventional underground mine workings, and
- underground in situ leaching.

The deposits in the area of Hamr - Straz were discovered in the 1960s. In 1963, an aerial geophysical surveying detected high magnetic anomalies into which a borehole, HJ-1 (Hamr na Jezere-1), was drilled. Following the detection of the anomaly at the well HJ-1, other exploration boreholes were drilled in its vicinity and all of them confirmed uranium mineralization. The well HJ-1 located at the Hamr pod Ralskem deposit represented the beginning of an exploration borehole network. Locations of uranium deposits in the area of Hamr - Straz within the Czech Republic are shown in Figure 1.



Fig. 1 Locations of uranium deposits in the area of Hamr - Straz within the Czech Republic

Chemical leaching of uranium in the region of Hamr - Straz has been under way since 1967. During this period, many changes in the application of this method have occurred. This brought about an enormous development of leaching fields and boosted uranium production.

Unfortunately, this method resulted in detrimental impacts on the environment, mainly the groundwater of the Cenomanian aquifer. As a consequence, the water of the Turonian aquifer being in close vicinity to high-quality potable water sources was also jeopardized. For this reason it has been decided to decommission and remediate the chemical plant.

2 GEOLOGIC AND HYDROGEOLOGIC CONDITIONS

The territory belongs to the Bohemian Cretaceous Basin and, specifically, the Luzice area thereof. The deposits in Straz pod Ralskem, Hamr pod Ralskem, and Brevniste pod Ralskem are part of a tectonic unit known as the Straz block, representing Cretaceous stratifications reaching from the Cenomanian up to the Middle Turonian. The Straz block extending over an area of 194 km² is bounded along its entire periphery by tectonic lines (Luzice fault to the NE, Straz fault to the NW, the Devil's Walls zone of neovolcanites to the SE, and Hradcany fault to the SW). At its NW boundary the Straz fault separates the Straz block from another Cretaceous plate – the Tlustec block, featuring a subsidence of as much as 600 m against the Straz block. The over-all thickness of the Cretaceous sediments is 140-400 m.

Within the Straz block there are two basic groundwater aquifers with porous or porous-fractured permeability where nearly all groundwater flow and accumulation take place. These aquifers are the Middle Turonian and Cenomanian sandstones. The aquifers are separated by a Lower Turonian formation (siltstones) acting as an aquitard.

2.1 The Turonian aquifer

The Turonian aquifer is linked to the Middle Turonian formation represented by sandstones ranging from fine-grained to coarse-grained. Within the area of interest, the thickness of the Turonian aquifer is about 70 m. The Turonian aquifer has an unconfined groundwater level throughout the Straz block area. The aquifer is replenished across the entire area of interest by rainwater recharge. The general groundwater flow within the Turonian aquifer occurs in the direction from NE to SW. The piezometric groundwater level in the Turonian aquifer ranges from 445 m above sea level in the NE of the Straz block to 265 m above seal level in the SW of the Straz block. The hydraulic conductivity of the Turonian aquifer is of the order of 10^{-4} to 10^{-5} m.s⁻¹.

2.2 The Cenomanian aquifer

The Cenomanian aquifer is linked to the Cenomanian sea formations represented by sandstones. Within the base there are low-permeability sandstones and other sediments of freshwater continental Cenomanian. The thickness of the Cenomanian aquifer is approximately 70 m. The Lower Turonian aquitard, of a thickness of ca. 60 m, separates the Cenomanian and the Turonian aquifers. The recharge area of the Cenomanian aquifer is situated at the Luzice fault. The groundwater piezometric level around that location varies from ca. 305 to 320 m above sea level. The remote Labe River valley constitutes a main drainage area. The Cenomanian aquifer has

a confined groundwater level in the area of interest. Before the uranium mining was launched in the region the natural direction of groundwater flow within the Cenomanian aquifer had been from NE to SW. Currently the dominant direction of groundwater flow is towards the center of the depression cone being flooded at the Mine Hamr I. The piezometric groundwater level of the Cenomanian aquifer in the Chemical Extraction Mine area is influenced by the implementation of remediation technologies. The hydraulic conductivity of the Cenomanian aquifer is of the order of 10^{-5} to 10^{-6} m.s⁻¹.

3 GROUND WATER CONTAMINATION

At the deposit there are two overlaying aquifers; Cenomanian and Turonian. They are isolated by the low Turonian aquitard. The schematic cross-section of the mining/remediation area is shown in Figure 2.

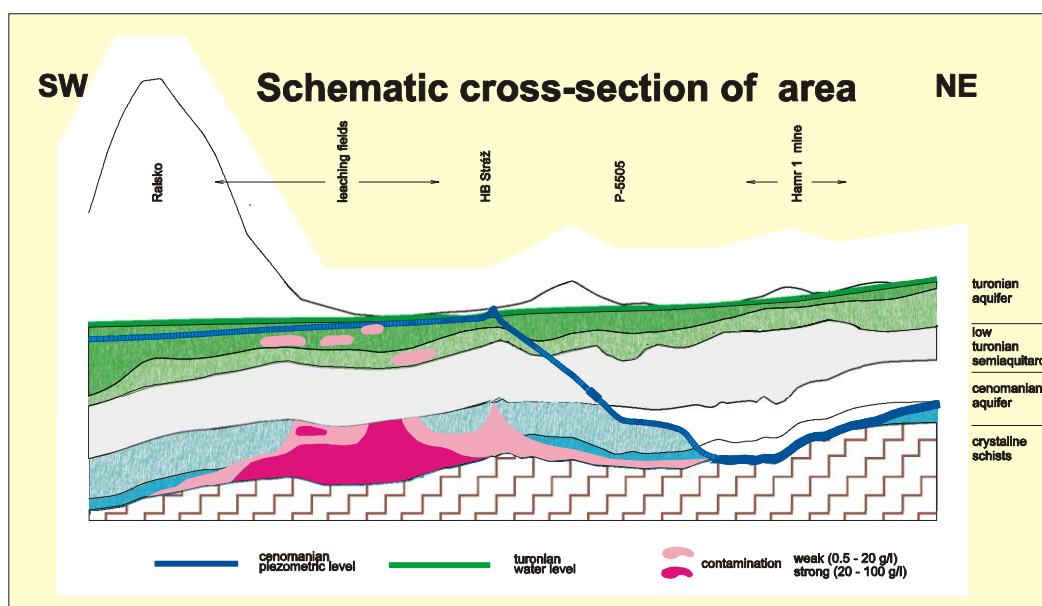


Fig. 2 Schematic cross-section of the mining/remediation area

Over the period of chemical leaching of uranium (ca. 32 years), a total of more than 4 million tons of sulphuric acid and other chemicals were injected into the ground. Most of the products (approx. 99,5 %) of the reactions of the acids with the rocks are located in the Cenomanian aquifer. The contamination of the Cenomanian aquifer covers the area larger than 27 km². The influenced volume of groundwater is more than 370 million m³ of ground water. The total amount of dissolved SO₄²⁻ is about 3,6 million tons (4,9 million tons of total dissolved solids). Approximately 0,5 % of the contamination is located in the Turonian aquifer. The contamination of the Turonian aquifer has a character of locally isolated plums. The total amount of dissolved SO₄²⁻ is about 7 000 tons. The influenced volume of groundwater is 26 700 million m³.

Both aquifers are contaminated mainly by SO₄²⁻, NH₄⁺ and Al. There is no natural 'self-remediation' of contaminated groundwater.

4 REMEDIATION

Remediation of the consequences of chemical leaching of uranium in Straz pod Ralskem is a complex problem, consisting of a variety of partial solutions. The Czech government adopted two separate resolutions with respect to this matter, namely the Governmental Decree of 20th May 1992 No. 366, determining a transitory period between 1992 and 1994, including the characteristics of special regime of exploitation, and the Governmental Decree of 6th March 1996 No. 170, presenting the decision on terminating chemical leaching of uranium in Straz pod Ralskem.

The assessment of the situation led the Czech government to the decision to terminate chemical leaching as of 1st April 1996 and to perform active remediation work.

The objectives of the remedial activities are:

- to restore the rock environment to a condition guaranteeing continuing usability of Turonian water of the North Bohemian Cretaceous,
- to decommission bore holes and surface installations,

- to incorporate the surface of leaching fields into the ecosystems taking into account regional systems of ecological stability and urban plans.

For the remediation an aggressive pump and treat remediation approach is used and a non-aggressive innovative in-situ immobilization approach is planned to be used. The pump and treat approach is following. The dissolved uranium is separated on a chemical station from the abstracted Cenomanian solutions. After uranium sorption the part of the solutions is led to an evaporation station where it is concentrated and during a crystallization process alum is produced from the concentrate. Alum is reprocessed into aluminium sulphate and ammonium sulphate which are returned back into the crystallization process. The distillate from evaporation is discharged into the Ploučnice River. The mother liquor after the crystallization of alum is liquidized in a neutralization process. Another part of the Cenomanian solution after the uranium sorption is decontaminated on the neutralization station NDS 6. This station decontaminates not only Cenomanian solutions, but also a part of Turonian water and water from the inner drainage of tailings pond. The filter cake from the neutralization process is deposited in the tailings pond. The scheme of the above-mentioned existing surface technologies is shown in Figure 3.

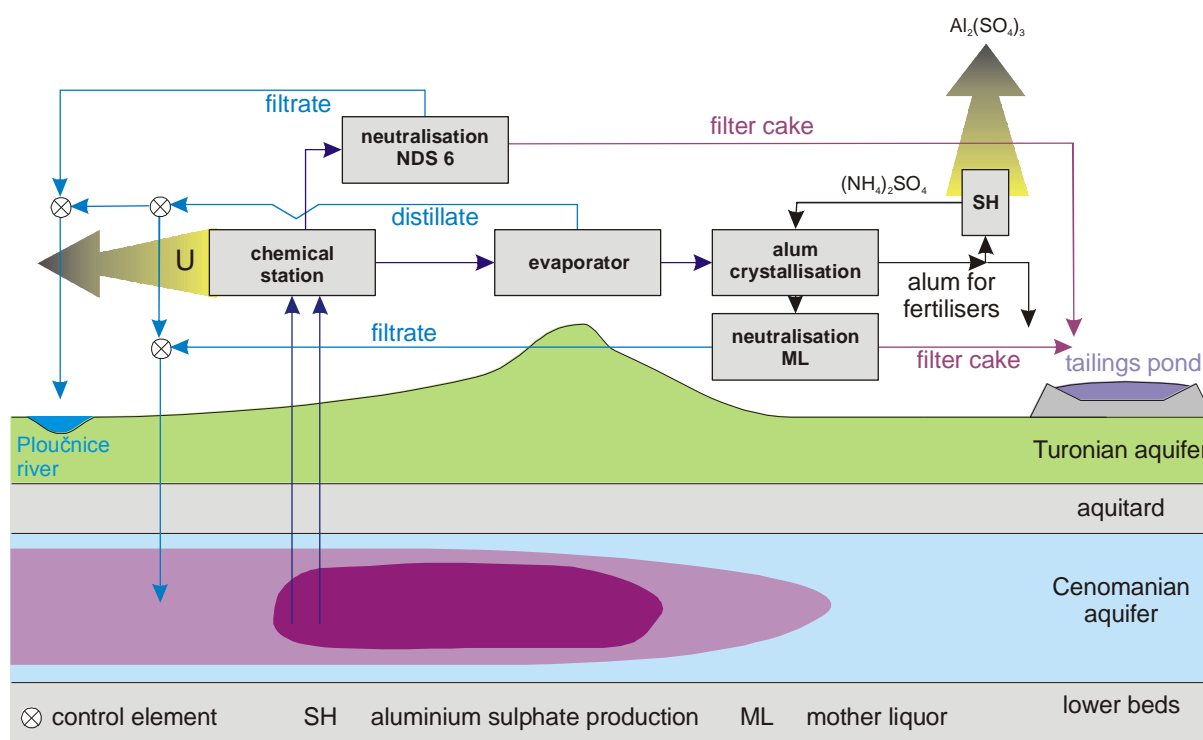


Fig. 3 Scheme of the present configuration of surface remediation technologies

The present configuration of surface technologies does not satisfy the demands on the whole remediation process. So that it is necessary to complete the chain of surface technologies as it is shown in Figure 4. The stage II of drilling the remediation wells will be finished at the end of 2010. Another neutralization station NDS 10 will start its operation in 2014.

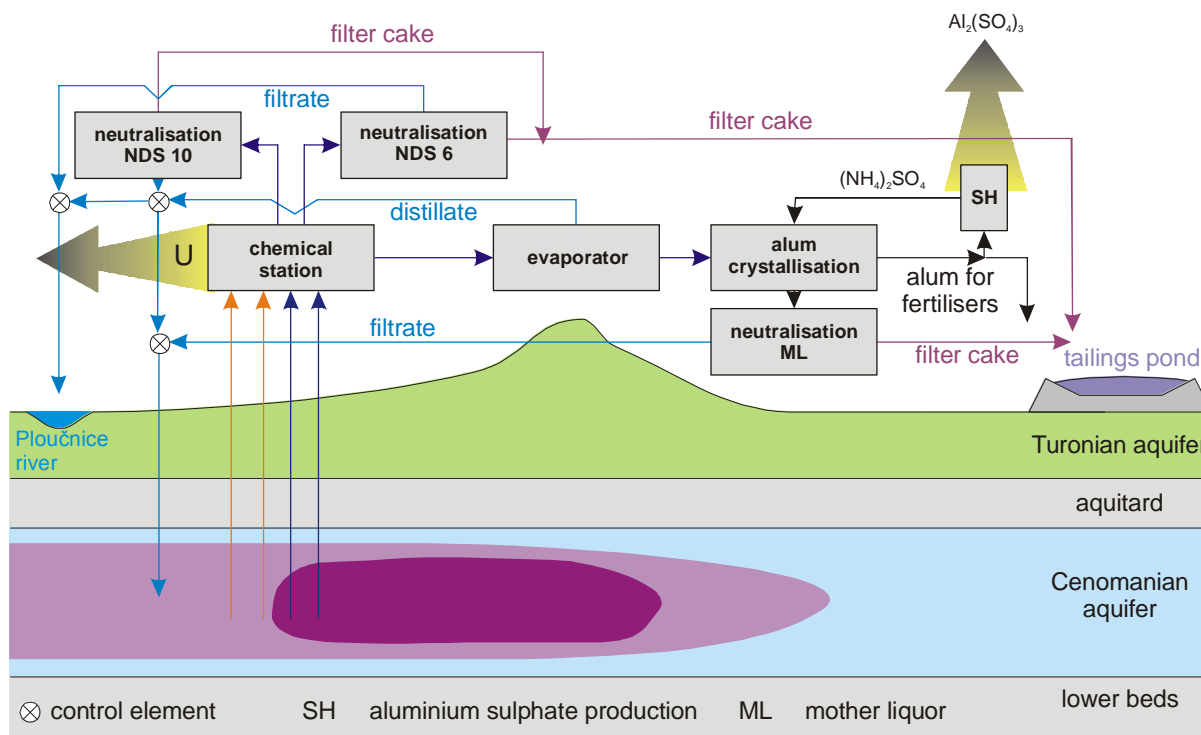


Fig. 4 Scheme of the complete configuration of surface remediation technologies

4 CONCLUSION

The entire remediation process is expected to be finished in 2035. During this period more than 3 million tons of contaminants will be withdrawn from the ground. The total costs on the remediation process are expected to be higher than CZK 40 billion (EUR1.6 billion).

The decommissioning of chemical leaching of uranium is a long lasting and complex process that must be continuously evaluated and specified. Till the end of the remediation process extensive monitoring, verification and modelling works will be carried out. Respective Czech authorities continuously approve the process of remediation and its individual components.

REFERENCES

- [1] DATEL, J. V., EKERT, V. *Environmental impacts of mine waters from chemical and deep uranium mining – Straz pod Ralskem, Czech Republic*. 10th IMWA Congress, Mine Water and Environment, 2008, pp. 197-200, Karlovy Vary, Czech Republic, eds. Rapantova & Hrkál. ISBN 978-80-248-1767-5.
- [2] MUŽÁK, J. *Remediation of consequences of chemical leaching of uranium in Straz pod Ralskem*. 10th IMWA Congress, Mine Water and Environment, 2008, pp. 217-220, Karlovy Vary, Czech Republic, eds. Rapantova & Hrkál. ISBN 978-80-248-1767-5.
- [3] NOVÁK, J. *Groundwater Remediation in the Straz Leaching*. In Tagungsband Internationale Konferenz Wismut 2000, Bergbausanierung. in Schlema, Germany.
- [4] SMETANA, R., MUŽÁK, J., NOVÁK, J. *Environmental Impact of Uranium ISL in Northern Bohemia*. In B. Merkel, B. Planer-Friedrich, Ch. Wolkersdorfer eds. Uranium in the Aquatic Environment, Proceedings of the International Conference Uranium Mining and Hydrogeology III and the International Mine Water Association Symposium, 2002, pp. 699 – 708, Freiberg, Germany, Springer – Verlag Berlin Heidelberg 2002, ISBN 3-540-43927-7.

RESUMÉ

V oblasti Stráže pod Ralskem byla od konce 60. let minulého století souběžně rozvíjena těžba uranu dvěma dobývacími metodami. Klasickou hlubinnou těžbou a metodou chemického podzemního loužení in-situ (chemická těžba). Cílem obou metod bylo získání uranu z křídových sedimentů ve formě uranového koncentráту. Při chemické těžbě se uran loužil roztokem kyseliny sírové přímo ve vrstvě horniny pomocí sítě technologických

vrst. Celkem se za celou dobu těžby v severočeské oblasti vytěžilo cca 27 tis. t uranu, z toho cca 15 tis. t bylo získáno chemickou těžbou.

Rozvoj těžby uranu však nebyl v dostatečné míře doprovázen tvorbou opatření a rozvojem technologií, které by minimalizovaly dopad těžební činnosti na přírodní a životní prostředí.

Usnesení vlády ČR č. 166 ze dne 15. 5. 1991 formulovalo zásadní stanovisko: „Nerozšiřovat dále plochy vyluhovacích polí dolu chemické těžby uranu do doby komplexního posouzení stavu a stanovení ekologických podmínek dotěžení ložiska, způsobu ukončení těžby a sanace ložiska“.

Pro období 1992 až 1994 bylo usnesením vlády ČR č. 366/1992 stanoveno tzv. přechodné období se zvláštním režimem chemické těžby. Během tohoto období byly připravovány podklady pro rozhodování o budoucnosti chemické těžby uranu na základě výzkumných a vývojových prací ke stanovení způsobu sanace ložiska. Z tehdejších prací vyplynulo, že pro další činnost DIAMO, s. p. je v každém případě nutno vyřešit likvidaci roztoků kontaminované cenomanské a tuřonské zvodně, vzniklých v důsledku chemické těžby uranu.

Chemická těžba uranu na ložisku Stráž pod Ralskem byla ukončena rozhodnutím vlády ČR č. 170 z 6. 3. 1996 k datu 1. 4. 1996.

Během celého období chemické těžby uranu na ložisku Stráž pod Ralskem bylo do podzemí vtlačeno více než 4 miliony tun kyseliny sírové a dalších chemikálií. Kontaminace cenomanské zvodně se rozšířila na oblast pokrývající plochu zhruba 27 km². Chemickou těžbou bylo celkem ovlivněno více než 370 milionů m³ podzemních vod. V současné době se v podzemí nachází kontaminace v množství odpovídajícím 4,9 milionů tun všech rozpuštěných látek (RL). Nejvýznamnější složkou kontaminace je SO₄²⁻, která je v podzemí obsažena v množství cca 3,6 milionů tun.

Za hlavní cíle sanace následků po chemické těžbě uranu lze považovat:

- uvést horninové prostředí do stavu, který zajistí trvalé využívání tuřonských zásob pitných vod v severočeské křídě,
- zlikvidovat vrty a povrchová zařízení,
- začlenit povrch vyluhovacích polí do ekosystémů s ohledem na regionální systémy ekologické stability a plány regionálního rozvoje.

V probíhajícím sanačním procesu je jako základní přístup použita metoda vyvedení kontaminantů z podzemí a jejich následné přepracování na hospodářsky využitelné produkty či jejich ekologické uložení na povrchu. Konkrétně se jedná o následující postup:

Zbytkové technologické roztoky jsou z podzemí čerpány na chemickou stanici, kde je z nich separován rozpuštěný uran. Poté je část roztoků vedena do komplexu SLKR I, který tvoří odpařovací stanice a krystalizace kamenec. V odpařovací stanici je roztok koncentrován a z koncentrátu je krystalizačním procesem získán kamenec. Část kamenec je poté expedována pro výrobu hnojiv a část je přepracována na síran hlinitý a síran amonný. Čistý kondenzát z odparky je vypouštěn do řeky Ploučnice. Matečný louh (ML) – zbytek po krystalizaci kamenec je likvidován neutralizačním procesem v technologii NDS ML. Další část vyčerpaných zbytkových technologických roztoků je po sorpci uranu vedena do neutralizační stanice NDS 6, kde je vyčištěna a následně vypouštěna do řeky Ploučnice. Neutralizační kaly jsou ukládány na odkališti.

V roce 2014 zahájí provoz neutralizační technologie NDS 10 pro zpracování zbytkových technologických roztoků o nižší koncentraci. Sliv z NDS 10 bude zpětně vtlačěn do horninového prostředí v oblasti bývalého Dolu Hamr I.

Předpokládá se, že celý proces sanace bude trvat téměř 25 let. Během tohoto období bude vyvedeno více než 3 mil. tun kontaminujících látek z podzemí. Celkové náklady na realizaci sanace jsou odhadnuty na úrovni 40 miliard Kč.

Sanace následků po chemické těžbě uranu v oblasti Stráže pod Ralskem je dlouhodobý a komplexní proces, který musí být průběžně sledován, hodnocen a kvalifikovaně řízen. V průběhu celého sanačního procesu budou prováděny monitorovací, výzkumné, vývojové a ověřovací práce zahrnující i modelové prognózy možného vývoje sanace. Celý proces sanace i jeho jednotlivé kroky jsou a budou průběžně vyhodnocovány a schvalovány dozorovými orgány státní správy.

APPENDIX: Presentation “[Mining and Remediation at The Straz Pod Ralskem Uranium Deposit](#)” - October 2009, Königstein, Germany